

Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava
Řada hornicko-geologická
Volume L (2004), No.2, p. 27-32, ISSN 0474-8476

Ľudovít KOVANIČ*, Ľudovít KOVANIČ, Karolína BAKOŠOVÁ*****

**RIEŠENIE NIEKTORÝCH ÚLOH LASEROVÝMI DĹŽKOMERMI NA BÁZE
PASÍVNEHO ODRAZU**

**SOLVING SOME PROBLEMS BY MEANS OF LASER TACHEOMETERS BASED ON PASSIVE
REFLEX**

Abstrakt

V článku riešime problematiku kontroly zvislosti vysokých štíhlych objektov porovnaním súradníc bodov na ich zvislej osi v úrovni päty a koruny s využitím laserových dĺžkomerov a aplikáciu využitia laserových dĺžkomerov pri kontrole zvislosti vysokých stavieb spravidla pozorovaním jednotlivých rohov či hrán objektu.

Výhoda riešenia je najmä v tom, že na situačné zameranie bodov aj na neprístupných plochách netreba ich signalizáciu a plný výkon môže podať sám merač bez pomocného personálu a to najmä vtedy, ak pre záznam výsledkov merania využije kapacitu pamäti prístroja, čím sa výrazne zvýši produktivita práce.

Abstract

In the present paper solving of problematics is discussed of verticality checking by using laser tacheometers for specific type of premises by means of comparing co-ordinates of points on vertical axis at level of premises footing and premises crown as well as application of laser tacheometers for checking of verticality of high premises featured by big surface – usually by means of observation of corners or edges of premises.

The advantage of this method is that for planimetry of points at inaccessible places signalling is not necessary and a full performance could be achieved by surveyor himself without other personnel, namely in case when measured data are recorded by apparatus memory, and in this way the productivity of labour can be improved.

Key words: laser tacheometer, passive reflection.

Úvod

V posledných dekádach rokov 20. storočia sa už bežne objavili na trhu svetelné diaľkomery využívajúce najmä vlnovú dĺžku svetelného vlnenia. Pre takéto diaľkomery platia zákonitosti optiky o frekvencii elektromagnetického vlnenia, jeho vlnovej dĺžke i amplitúde, ale aj o odraze po dopade svetelného lúča na rovinné rozhranie dvoch optických prostredí. Ak teda dopadá svetelný lúč na takéto rozhranie pod určitým uhlom ku kolmici dopadu, potom sa odráža v tej istej rovine pod rovnakým uhlom od tejto kolmice. Pri svetelných diaľkomeroch sa využíva kolmý dopad osi vysielaného zväzku – ďalej len lúča - na toto rozhranie a tak sa získava intenzívny odrazový signál na vyhodnotenie meranej dĺžky. Aby sa zvýšila intenzita odrazeného signálu, používajú sa k tomu odrazové hranoly, čím sa zväčšuje dosah meraných dĺžok.

* Ing., Stredná priemyselná škola stavebná a geodetická, Lermontovova 1, 04001 Košice

** Doc. Ing., CSc., Katedra geodézie a geofyziky, FBERG, TU Košice, Park Komenského 19, 04384 Košice

*** Ing., Stredná priemyselná škola stavebná a geodetická, Lermontovova 1, 04001 Košice

Obdobná je situácia, pri ktorej sa využíva intenzívne žiarenie vyvolané kvantovými generátormi tzv. lasermi. Ak takéto žiarenie prejde centrovanou optickou sústavou šošoviek, usmerní sa do veľmi úzkeho kužeľového zväzku a dosahuje sa jeho veľká intenzita: Vrcholový uhol tohto kužeľa je asi do $4 \cdot 10^{-2}$ gon. Ak sa takýmto kolmo dopadajúcim svetlom osvetlí rovina vo vzdialenosti asi 100m, vytvorí sa osvetlená kruhová stopa o priemere asi 60 mm. Pomocou hranolového odrazového systému nastaveného kolmo na smer osi svetelného lúča možno merať s vysokou presnosťou dĺžky asi do (3 – 4) km.

V dôsledku vysokej intenzity tohto žiarenia však možno získať dostatočnú intenzitu odrazeného signálu aj od prírodného objektu – steny, skaly a pod. – pre presné odmeranie dĺžok asi do vzdialenosti (60 – 100) m. Pri takýchto meraniach dochádza k stavu, že svetelný signál dopadá na rovinu aj pod rôznym uhlom ku kolmici dopadu, resp. normály k ploche. Napriek tomu môže byť taká dĺžka merateľná, pretože sa na nej vyskytujú mikroplošky, od ktorých sa odrazom získa dostatočný signál na vyhodnotenie dĺžky. Ak je takéto zariadenie integrované s vhodným prístrojom – teodolitom, poskytuje potom široké možnosti aplikácie, najmä preto, že aj pri takomto, tzv. pasívnom reflexe možno merať do uvedených dosahov dĺžky s presnosťou $\pm (3 - 5)$ mm.

Súčasný stav nášho poznania

V rámci našich prác sme skúmali možnosť i podmienky aplikácie merania dĺžok na báze pasívneho reflexu z veľkého počtu asi 1 200 overovacích meraní so zameraním aj na posúdenie výkonnosti troch použitých prístrojov (Leica TCR 305, Disto a Trimble 3303), charakter a sklon odrazových plôch vzhľadom k osi laserového lúča, ako aj dosiahnuteľnú presnosť meraných dĺžok.

Zo získaných výsledkov a skúseností možno uviesť stručné závery:

Divergencia zväzku laserového žiarenia po prechode optickým systémom je u skúmaných prístrojov približne rovnaká a na rovine kolmej k dopadu jeho lúča je osvetlená kruhová plocha o priemere do 60mm/100m.

Presnosť meraných dĺžok asi do (20-25) m prístrojmi je približne rovnaká. Ku kolmej rovine je to priemerne $\pm 1,5$ mm a k rovine odklonenej do 30 gon je priemerne $\pm 3,6$ mm. Hodnoty aposteriorne určených smerodajných odchýlok sa pri väčších dĺžkach i uhloch zväčšujú. Uvedené výsledky boli dosiahnuté v podmienkach otvoreného krytého koridoru.

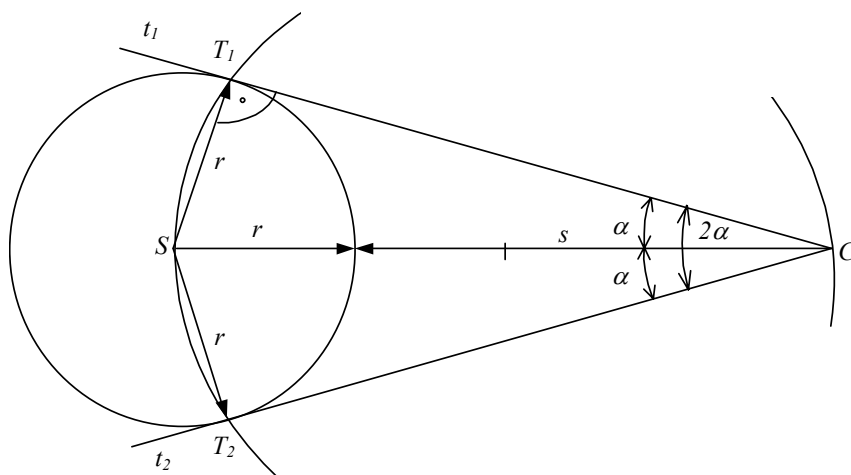
Dosah merania je u prístroja Trimble 3303 do 40 m a u prístrojov Leica TCR 305 a Disto asi do (60 – 70) m. Ten je závislý aj od uhla, ktorý zvierá os laserového lúča s rovinou dopadu, ale najmä od druhu a kvality odrazovej plochy. Výhodnejšie sú drsnejšie plochy, pretože pri hladkých dochádza k totálnemu reflexu žiarenia už pri uhloch (10 – 30) gon. Do prístroja sa potom nedostane odrazový signál dostatočnej intenzity, a tým sa stáva dĺžka nemerateľná.

Aplikačné možnosti metódy

Vzhľadom na tieto závery kľúčové využitie uvedenej metódy merania prichádza do úvahy najmä pri presnom zameriavaní a mapovaní interiérov veľkopriestorových objektov, vyrazených a vydobytych banských diel a tunelov, jaskýnných priestorov, ale aj povrchových rozvalín v lomoch s bodovým alebo profilovým určovaním ich tvaru a objemu. Také riešenia sú podrobnejšie rozpracované v pripravovanej doktorandskej práci.

V tomto príspevku chceme poukázať na možnosti použitia tejto technológie merania pri riešení niektorých špeciálnych úloh, pri ktorých možno výrazne preukázať jej prednosti z hľadiska presnosti, ale najmä zvýšenia produktivity meračských a vyhodnocovacích prác.

Veľmi výhodné je použitie tejto technológie pri presnom mapovaní objektov s kruhovým pôdorysom ako sú napr. silá, továrenské komíny, veľké plynojemy a pod. Najdôležitejšie parametre takýchto objektov sú ich poloha stredu a polomer vonkajšieho plášťa. Tie však nie sú priamo merateľné. Sprostredkované riešenie je v tom, že po obvode takých objektov treba určiť polohy niekoľkých bodov – minimálne troch - na kolmici aspoň dvoch meračských priamok, alebo polárnou metódou z 2 – 3 stanovíšť meračského prístroja a potom pomocou priesečníka symetrál aspoň dvoch tetív určiť stred a polomer objektu. Optimálne riešenie je také, keď tetivy vychádzajú z jedného spoločného bodu a ich dĺžky sú blízke hodnote $r \cdot \sqrt{2}$. Od presnosti výsledkov takýchto meraní je závislá aj zhoda získanej krivky so skutočným tvarom pôdorysu.



Obr. 1: Schéma zamerania objektu s kruhovým pôdorysom

Pri použití navrhovanej technológie možno získať tomu odpovedajúce veľmi presné údaje meraním z jedného stanovišťa integrovaného meračského prístroja. Ako vyplýva z obrázka (obr. 1) treba zo stanovišťa C presne zamerať smery na T_2 a T_1 a dĺžku s . Orientovaný smer \overrightarrow{CS} meranej dĺžky s sa určí ako aritmetický priemer čítaní na horizontálnom kruhu zámer na dotykové body T_2 a T_1 plášt'a, ktoré sú na úrovni základov objektu. Tým sa získa hodnota paralaktického uhla 2α , pod ktorým sa javí plášť objektu a teda aj uhol α . V ďalšom postupe je jednoduché riešenie [1]:

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{r}{s+r}, \text{ z čoho je} \\ r &= s \cdot \sin \alpha + r \cdot \sin \alpha \\ r - r \cdot \sin \alpha &= s \cdot \sin \alpha, \\ r(1 - \sin \alpha) &= s \cdot \sin \alpha, \\ r &= \frac{s \cdot \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}.\end{aligned}$$

Veličiny na pravej strane rovnice sú známe z výsledkov merania. Pomocou orientovaného smeru \overrightarrow{CS} a dĺžky $(s + r)$ možno určiť presne aj súradnice stredu pôdorysu objektu.

Pri vysokých a štíhlych objektoch ako sú továrenské komíny a rôzne stožiare, možno túto technológiu aplikovať aj na určovanie ich zvislosti, prípadne z výsledkov takýchto periodických meraní stanoviť aj zmeny v ich naklonení, ku ktorým došlo medzi etapami merania. To môže mať rozhodujúci význam najmä pre korekciu ukotvenia stožiarov. V týchto prípadoch treba vykonať aspoň dvojicu takýchto meraní – jedno k úrovni základov a druhé k úrovni koruny objektu s analogickým vyhodnotením parametrov objektu sa z oboch súradníc vypočíta hodnota naklonenia. Je prirodzené, že tieto merania nemôžu byť ekvivalentné s veľmi presnými výškovými meraniami bodov stabilizovaných v dostatočnej hustote po obvode plynojemu. Zo zmien prevýšení bodov priemerov pôdorysu sa určí hodnota naklonenia objektu i parametre pre jeho rektifikáciu.

Ako orientačne možno takéto operatívne merania vykonávať aj pri kontrole zvislosti veľkých plynojemov na poddolovaných územiach, ktoré úspešne riešili naši kolegovia z IGI VŠB-TU na Ostravsku. Aj v takýchto prípadoch sa vykoná jedno meranie v zhode s obr. 1 k úrovni vodorovných základov a druhé k úrovni koruny plynojemu. Analogickým vyhodnotením parametrov objektu sa z oboch súradníc vypočíta hodnota naklonenia. Je prirodzené, že tieto merania nemôžu byť ekvivalentné s veľmi presnými výškovými meraniami bodov stabilizovaných v dostatočnej hustote po obvode plynojemu. Zo zmien prevýšení bodov priemerov pôdorysu sa určí hodnota naklonenia objektu i parametre pre jeho rektifikáciu.

Takým spôsobom sme zamerali a vypočítali aj parametre štyroch štíhlych 2,8 m vysokých kamenných stĺpov v tvare zrezaného rotačného kužeľa. Rozdiely v polomeroch dolných a horných základní boli do jedného milimetra, kónicita tvoriacich priamok osovej roviny do 0,01gon a s adekvátnou presnosťou boli stanovené aj hodnoty i smery excentricity stredov horných základní vzhľadom k stredom základní dolných.

Podobne možno určovať a kontrolovať aj zvislosť výškových budov. Robí sa to obvyčajne meraním jednotlivých rohov – hrán - objektu A, B, C, D (obr. 2). Bežne sa to vykonáva pomocou ordinátometra a premietnutím zvislice teodolitom vo dvoch na seba kolmých smeroch. Pri technológii merania na báze pasívneho

reflexu možno s výhodou využiť vysokú presnosť určenia dĺžok. Stanovište S treba situovať na polpriamke \overrightarrow{BA} vo voliteľnej vzdialenosti tak, aby boli v zmysle naznačených záverov dĺžky merateľné. Z neho sa na úrovni základov presne zameria vodorovná dĺžka s_o so stopou tesne pri hrane objektu, i orientovaný smer \overrightarrow{SA} azimutom α_o . Analogicky sa takto zamerajú prvky s_k a α_k v úrovni koruny objektu. Z nameraných hodnôt sa stanoví priečna i pozdĺžna odchýlka [2]:

$$q = s_k \cdot \operatorname{tg}(\alpha_k - \alpha_o) = s_k \cdot \operatorname{tg} \Delta\alpha,$$

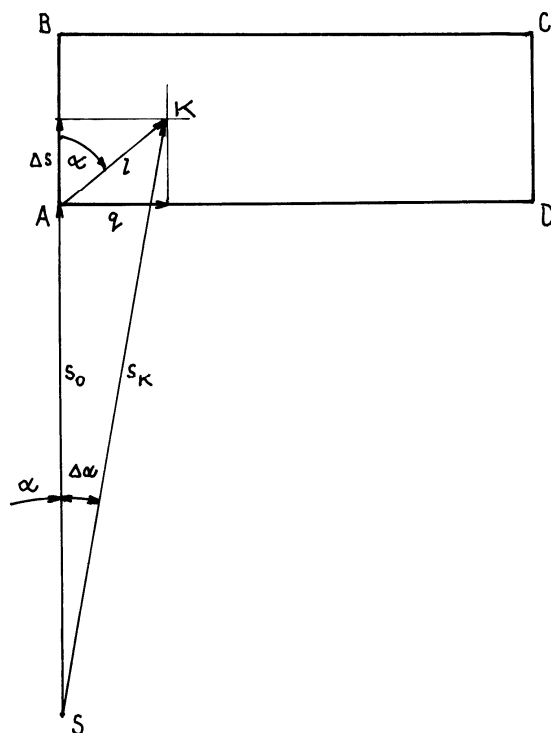
$$\Delta s = s_k - s_o$$

a ich výslednica

$$t = (q^2 + \Delta s^2)^{1/2}$$

s orientáciou

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{q}{\Delta s}.$$



Obr. 2: Bodové zameranie hrany objektu

V prípade vysokého objektu sa tento obvykle zameriava v niekoľkých výškových úrovniach rovnakými prvkami aj s analogickým vyhodnotením pre jednotlivé výškové úrovne. Rovnaké meranie tej istej hrany možno vykonať pre kontrolu aj zo stanovišťa na polpriamke \overrightarrow{DA} .

Záver

V práci sme naznačili možnosti riešenia niektorých úloh s využitím merania dĺžok elektronickými diaľkomermi na báze pasívneho odrazu svetelného lúča. Možností je však podstatne viac a len postupne sa ukážu prednosti takého riešenia, pretože zameriavanie detailných bodov aj na neprístupných plochách netreba signalizovať, takže plný výkon môže podať sám merač bez pomocného personálu, a to najmä vtedy, ak pre záznam výsledkov merania využije kapacitu pamäti integrovaného meračského prístroja.

Literatúra

- [1] KOVANIČ, E.: Zameriavanie dutých priestorov laserovými dĺžkomermi. *Písomná práca k dizertačnej skúške, Košice, F BERG - TU, 2002, 40 s.*
- [2] MICHALČÁK, O. a kol.: *Geodézia 1, Bratislava, Alfa, 1992, 399 s.*

Summary

High accuracy amounting to $\pm(1-3)$ mm of measured lengths within range of (40–60) m being based on passive reflection can be advantageously used for certain geodetic activities. By way of example mapping of premises with circular ground plan such as water or gas reservoirs, agricultural silos, factory chimneys, high masts, etc. can be mentioned. For determining of planimetry of premises it is necessary to know co-ordinates of their centre and their shell radius. It is not possible to determine directly such parameters. The problem is usually solved by layout determination of several points within perimeter of premises using orthogonal or polar methods and by means of intersection point of symmetric components of at least two chords, the position of center can be determined as well as the radius of circular premises.

In the paper a solution of problem of checking verticality of such buildings is mentioned by means of which the co-ordinates of points on vertical axis at levels of premises footing and premises crown are compared by application of laser tacheometer as well as applications of tacheometers for checking of verticality of high premises with big plan surface(usually by observation of corners or edges of premises) are mentioned. The advantage of such approach is that for planimetry of points at inaccessible places a signaling is unnecessary and a full performance can be achieved by surveyor himself without other personnel, namely in case when measured data are recorded by apparatus memory and in this way productivity of labour can be improved.

Recenzenti: Prof. Ing. Josef Novák, CSc., VŠB-TU Ostrava,
Doc, Ing. Jaromír Procházka, CSc., Stavební fakulta, ČVUT Praha.